

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

(19)

JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **10135548 A**

(43) Date of publication of application: **22.05.98**

(51) Int. Cl  
**H01S 3/10**  
**G02B 6/00**  
**G02B 6/00**  
**H01S 3/07**

(21) Application number: **08290173**

(71) Applicant: **UEDA KENICHI HOYA CORP**

(22) Date of filing: **31.10.96**

(72) Inventor: **UEDA KENICHI**

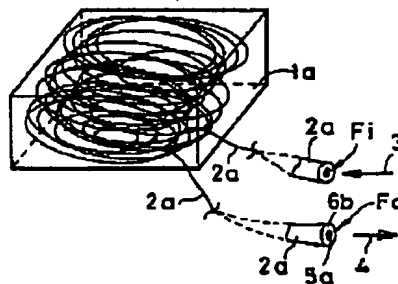
**(54) OPTICAL FIBER LASER DEVICE**

**(57) Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To attain frequency control relating to vertical mode of a resonator by fixing an optical fiber by converging a part or overall fiber with setting material.

**SOLUTION:** A laser fiber 2a comprises a single quartz glass fiber as its basic structure. Nb ions are doped into the laser fiber 2a. The continuous laser fiber 2a, coiled many times, not to be broken, into a small lump, is put into a metal box. Then, ultraviolet-setting resin is tightly filled into the metal box. When the resin has completely set, the metal box is removed, thus an optical fiber device is formed. The cross section of a first clad 6a is controlled in accordance with the length of the laser fiber coiled inside, then, excitation intensity can be obtained all over the fiber laser by clad excitation. The end surface of the fiber pulled outside is coated. Thus, the resonator, having a length of several tens of meters, constructs a monolithic resonator capable of stable vertical mode control.

COPYRIGHT: (C)1998,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-135548

(43) 公開日 平成10年(1998) 5月22日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

H 0 1 S 3/10

H 0 1 S 3/10

Z

G 0 2 B 6/00

G 0 2 B 6/00

3 3 6

3 3 6

H 0 1 S 3/07

H 0 1 S 3/07

G 0 2 B 6/00

E

審査請求 未請求 請求項の数7 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号

特願平8-290173

(22) 出願日

平成8年(1996)10月31日

(71) 出願人 596157816

植田 意一

茨城県筑波郡伊奈町谷井田2195-5

(71) 出願人 000113263

ホーヤ株式会社

東京都新宿区中落合2丁目7番5号

(72) 発明者 植田 意一

茨城県筑波郡伊奈町谷井田2195-5

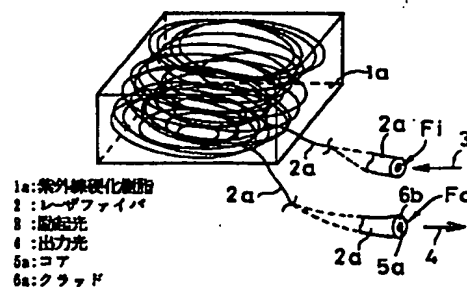
(74) 代理人 弁理士 阿仁屋 節雄 (外1名)

(54) 【発明の名称】 光ファイバレーザ装置

(57) 【要約】

【課題】 共振器の縦モードに関する周波数制御等も正確に行うことを可能とする光ファイバレーザ装置を得る。

【解決手段】 多数回巻回された長い1本のレーザファイバ2aが、直方体状の透明な紫外線硬化性樹脂1a中に隙間なく埋めこまれて固定され、両端部が外部に露出されている。レーザファイバ2aは、コア5aの周囲にクラッド6aが設けられたもので、このコア5aの内部には0.5at%のNd<sup>3+</sup>イオンがドーブされている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 レーザ活性物質を光ファイバ内部に有し、外部からの励起光の供給によってレーザ発振を行う光ファイバレーザ装置であって、前記光ファイバが、硬化性の物質によってその一部又は全部が覆われることによって固定されていることを特徴とする光ファイバレーザ装置。

【請求項2】 前記光ファイバは、該光ファイバが収納される領域の大きさを表す3次元座標軸上の各距離に比較してその長さが著しく長いものであり、該領域内において繰返し折り返されもしくは巻回されて該領域内に配置されたものであり、前記硬化性物質は、前記領域内に隙間なく満たされているものであることを特徴とする請求項1に記載の光ファイバレーザ装置。

【請求項3】 前記硬化性の物質は、硬化性の有機樹脂またはガラスまたは硬化性のある無機質の媒体または金属であることを特徴とする請求項1又は2に記載の光ファイバレーザ装置。

【請求項4】 前記硬化性物質は、前記光ファイバのクラッド部を構成する物質の屈折率の値以下の屈折率の値を有する透明な物質であることを特徴とする請求項2又は3に記載の光ファイバレーザ装置。

【請求項5】 レーザ活性物質を光ファイバ内部に有し、外部からの励起光の供給によってレーザ発振を行う光ファイバレーザ装置であって、前記光ファイバは、該光ファイバが収納される領域の大きさを表す3次元座標軸上の各距離に比較してその長さが著しく長いものであり、該領域内において繰返し折り返されもしくは巻回されて該領域内に配置されたものであり、かつ、前記繰返し折り返されもしくは巻回されて隣接する光ファイバどうしが互いのコアとクラッドとの界面が乱れない程度にその一部又は全部が密着するようにして一体に形成することによって固定されていることを特徴とする光ファイバレーザ装置。

【請求項6】 前記光ファイバは、クラッドの断面形状が矩形を有しているものであることを特徴とする請求項1ないし5のいずれかに記載の光ファイバレーザ装置。

【請求項7】 前記光ファイバは、クラッドの外側にさらに第2のクラッドが形成された2重クラッド型光ファイバであることを特徴とする請求項1ないし6のいずれかに記載の光ファイバレーザ装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、レーザ活性物質を光ファイバ内部に有し、外部からの励起光の供給によってレーザ発振を行う光ファイバレーザ装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 光通信または光加工技術分野においては、より高出力でより安価なレーザ装置の開発が望まれ

るが、従来より、このような要請を満たせる可能性の高いものとして光ファイバレーザ装置が知られている。

【0003】 光ファイバレーザ装置は、コア径並びにコアとクラッドとの屈折率差等を適切に選定することで比較的容易に発振モードを単一にできる。また、光を高密度に閉じ込めることでレーザ活性物質と光との相互作用を高められる。かつ、長さを長くすることで相互作用長を大きくとれるので高い効率で空間的に高品質のレーザ光を発生させることができる。したがって、質の良いレーザ光を比較的安価に得ることができる。

【0004】 ここで、レーザ光のさらなる高出力化または高効率化を実現するには、光ファイバのレーザ活性イオン添加領域（通常はコア部）に効率よく励起光を導入する必要がある。ところが、通常、単一モードの導波条件にコア径を設定するとその径はレーザ活性イオンの添加領域（通常はコア部）の十数ミクロン以下に限定されるので、この径に効率よく励起光を導入するのは一般に困難である。これを克服するものとしては、例えば、いわゆる2重クラッド型ファイバレーザが提案されている。

【0005】 図5は2重クラッド型ファイバレーザの説明図である。この図に示されるように、2重クラッド型ファイバレーザは、クラッド部16の外側に該クラッド部16よりもさらに屈折率が低い透明物質で構成される第2クラッド部17を設けたものである。これにより、第2クラッド部17とクラッド部16との屈折率差に起因する全反射によって端面より導入された励起光13をクラッド部16及びコア部15内に閉じ込める。そして、レーザ活性イオンの添加領域（通常はコア部14）を上記閉じ込めた励起光が繰返し通過するようにして該励起光を徐々にレーザ活性イオンに吸収せしめる。これによって、高出力のレーザ光を得られるようにしたものである（参考文献；E. Snitzer, H. Po, F. Hakimi, R. Tumminelli, and B. C. McCullum, in Optical Fiber Sensors, Vol. 2 of 1988 OSA Technical Digest Series (Optical Society of America, Washington, D. C., 1988), paper PD5.)。

【0006】 2重クラッド型ファイバレーザでは励起光の導入口を数十～数千ミクロンにわたって大きくとることができるため、励起光のファイバへの導入が容易である。また、レーザ発振が起る領域は数十～数ミクロンと小さく制限されるのでレーザ発振波長の光について単一モード伝搬および高密度の光の閉じ込めが実現できる等の利点を有している。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、一般に光ファイバレーザは外乱の影響、例えば、振動、圧力、

音響などによってレーザ発振の状態が大きく変動すると  
いった欠点を有している。これは、光ファイバでは、レ  
ーザの増幅媒体そのものがレーザ共振器そのものと不可  
分の形で一体化されており、さらに、媒質が非常に大き  
なアスペクト比を持つので、柔軟性を付与されている  
分、機械的強度に欠けることになる。このため、外乱の  
影響が大きく拡大され、これを積極的に利用すればファイ  
バーセンサー等として用いるには大きな利点となる  
が、逆に一般的な固体レーザ装置として用いようとする  
と、重大な欠点ともなる。例えば、光ファイバレーザで  
は、横モードに関してはファイバー伝送による明確な境  
界条件から、きわめて厳密な制御ができる。しかしなが  
ら、共振器の縦モードに係する周波数制御などは困難  
で、この点では固体レーザというより、むしろ液体を媒  
体としているレーザに近いというべきである。

【0008】本発明は、上述の背景のもとでなされたも  
のであり、共振器の縦モードに係する周波数制御等も  
正確に行うことを可能とする光ファイバレーザ装置を提  
供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】 上述の課題を解決するた  
めの手段として、請求項1にかかる発明は、レーザ活性  
物質を光ファイバ内部に有し、外部からの励起光の供給  
によってレーザ発振を行う光ファイバレーザ装置であっ  
て、前記光ファイバが、硬化性の物質によってその一部  
又は全部が覆われることによって固定されていることを  
特徴とする光ファイバレーザ装置である。

【0010】請求項2に係る発明は、前記光ファイバ  
は、該光ファイバが収納される領域の大きさを表す3次  
元座標軸上の各距離に比較してその長さが著しく長いも  
のであり、該領域内において繰返し折り返されもしくは  
巻回されて該領域内に配置されたものであり、前記硬化  
性物質は、前記領域内に隙間なく満たされているもので  
あることを特徴とする請求項1に記載の光ファイバレー  
ザ装置である。

【0011】請求項3に記載の発明は、前記硬化性の物  
質は、硬化性の有機樹脂またはガラスまたは硬化性の有  
機質の媒体または金属であることを特徴とする請求  
項1又は2に記載の光ファイバレーザ装置である。

【0012】請求項4に記載の発明は、前記硬化性物質  
は、前記光ファイバのクラッド部を構成する物質の屈折  
率の値以下の屈折率の値を有する透明な物質であることを  
特徴とする光ファイバレーザ装置である。

【0013】請求項5に記載の発明は、レーザ活性物質  
を光ファイバ内部に有し、外部からの励起光の供給によ  
ってレーザ発振を行う光ファイバレーザ装置であって、  
前記光ファイバは、該光ファイバが収納される領域の大  
きさを表す3次元座標軸上の各距離に比較してその長さ  
が著しく長いものであり、該領域内において繰返し折り  
返されもしくは巻回されて該領域内に配置されたもので

あり、かつ、前記繰返し折り返されもしくは巻回されて  
隣接する光ファイバ同士が互いのコアとクラッドとの  
界面が乱れない程度にその一部又は全部が密着するよう  
にして一体に形成することによって固定されていること  
を特徴とする光ファイバレーザ装置である。

【0014】請求項6に記載の発明は、前記光ファイバ  
は、クラッドの断面形状が矩形を有しているものである  
ことを特徴とする請求項1ないし5のいずれかに記載の  
光ファイバレーザ装置である。

10 【0015】請求項7に記載の発明は、前記光ファイバ  
は、クラッドの外側にさらに第2のクラッドが形成され  
た2重クラッド型光ファイバであることを特徴とする請  
求項1ないし6のいずれかに記載の光ファイバレーザ装  
置である。

【0016】

【発明の実施の形態】

（実施例1）図1は本発明の実施例1に係る光ファイバ  
レーザ装置の構成を示す図である。

20 【0017】図1において、光ファイバレーザ装置は、  
多数回巻回された長い1本のレーザファイバ2aが、5  
cm×5cm×2cmの直方体状の紫外線硬化性樹脂1  
a中に隙間なく埋めこまれて固定され、両端部だけが外  
部に露出されているものである。

【0018】レーザファイバ2aは、コア5aの径が1  
0μm、クラッド6aの径が50μm、開口数が0、

1、長さが約50mの1本の石英系ガラスファイバーを  
基本構成とする。このコア5aの内部には0.5at%  
のNd<sup>3+</sup>イオンがドーブされている。

30 【0019】また、レーザファイバ2aの一方の端部の  
端面Fiには、コア内部からの光に対して、波長1.0  
6μmの光の反射率が100%であり、波長0.8μm  
の光の反射率100%である回折格子が形成され、他方  
の端部の端面Foには波長1.06μmの光の反射率が  
99.0%であり、波長0.8μmの光の反射率99.  
9%の多層膜反射コートが施されてある。

【0020】この光ファイバレーザ装置は、折れないよ  
うにして多数回巻回して小さくまとめられた長さ50m  
の連続する1本のレーザファイバ2aを、5cm×5c  
m×2cmの直方体の金属性筐体内に収納し、これに紫  
外線硬化樹脂を隙間なく流し込んで樹脂が完全に硬化し  
た後、筐体をばずすことによって得られる。

【0021】この光ファイバレーザ装置の一方の端面F  
iから、励起光として、波長約0.8μmで最大出力1  
OWの半導体レーザ光3を入射したところ、他方の端部  
の端面Foから、波長1.06μmで出力4Wのレーザ  
発振出力光4を確認することができた。

【0022】（実施例2）図2は本発明の実施例2の構  
成を示す図である。この実施例は、実施例1におけるレ  
ーザファイバ2aの代わりに、2重クラッド型レーザフ  
ァイバ2bを用い、また、紫外線硬化樹脂1aの代わり

に金属亜鉛1bを用いて2重クラッド型レーザファイバ2bを固定している点で実施例1と異なるものである。

【0023】2重クラッド型レーザファイバ2bは、石英系のガラスファイバであり、コア5bの径が10 $\mu$ m、クラッド6bの径が500 $\mu$ m、このクラッド6bの外側に形成された第2クラッド7の径が700 $\mu$ mである。コア5bとクラッド6bとの屈折率差は1%、クラッド6bと第2クラッド7の屈折率差が5%である。これらコア及びクラッドの断面形状は円形である。また、コア5b内部には0.5at%のNd<sup>3+</sup>イオンがドーブされている。

【0024】さらに、2重クラッド型レーザファイバ2bにおける一方の端部の端面Fiには、コア内部からの光に対して、波長1.06 $\mu$ mの光の反射率が100%であり、波長0.8 $\mu$ mの光の反射率100%である回折格子が形成され、他方の端部の端面Foには波長1.06 $\mu$ mの光の反射率が99.0%であり、波長0.8 $\mu$ mの光の反射率99.9%の多層膜反射コートが施されてある。

【0025】この光ファイバレーザ装置は、折れないようにして多数回巻回して小さくまとめられた長さ100mの2重クラッド型レーザファイバ2bを、30cm×30cm×15cmの直方体の金属性筐体内に収納し、これに金属亜鉛の融液を隙間なく流し込んで金属亜鉛が完全に硬化した後、筐体をはずすことによって得られる。

【0026】この光ファイバレーザ装置の一方の端面Fiから、励起光として、波長約0.8 $\mu$ mで最大出力10Wの半導体レーザ光を入射したところ、他方の端部の端面Foから、波長1.06 $\mu$ mで出力2Wのレーザ発振を確認することができた。

【0027】(実施例3)図3は本発明の実施例3に係る光ファイバレーザ装置の構成を示す図である。

【0028】図3において、光ファイバレーザ装置は、内径10cm、外径14cm、高さ20cmの2重円筒状の筐体8内に、長い1本のレーザファイバ2cが多数回巻回されて収納され、この2重円筒状の筐体内に紫外線硬化性樹脂1cが隙間なく埋めこまれて固定され、該レーザファイバ2c両端部だけが外部に露出されているものである。

【0029】レーザファイバ2cは、クラッド6cが断面が100×700 $\mu$ mの矩形状をなしたもので、コア5cの径が10 $\mu$ mであり、コア5cの屈折率とクラッド6cの屈折率との差が1%の石英系ガラスファイバを基本構成とするもので、コア5cの内部には0.5at%のNd<sup>3+</sup>イオンがドーブされている。

【0030】また、レーザファイバ2cの一方の端部の端面Fiには、コア内部からの光に対して、波長1.06 $\mu$ mの光の反射率が100%であり、波長0.8 $\mu$ mの光の反射率100%である回折格子が形成され、他方

の端部の端面Foには波長1.06 $\mu$ mの光の反射率が99.0%であり、波長0.8 $\mu$ mの光の反射率99.9%の多層膜反射コートが施されてある。

【0031】この光ファイバレーザ装置の一方の端面Fiから、励起光として、波長約0.8 $\mu$ mで最大出力10Wの半導体レーザ光を入射したところ、他方の端部の端面Foから、波長1.06 $\mu$ mで出力3Wのレーザ発振出力光を確認することができた。

【0032】この実施例のようにクラッドを断面矩形状にすると、円形にした場合に比較して以下のような利点がある。

【0033】すなわち、円形断面の場合は伝搬モードに、中心コアと結合するモードだけを吸収する吸収飽和が起こるために大きなレーザ出力を得ることが難しくなるが、矩形断面の第1クラッドではこのような吸収飽和が起こらない。吸収飽和が起こらないクラッド断面をもつファイバでは、入射させた励起光が、クラッドを伝搬中にコアによって吸収される実効的吸収係数 $\alpha_{eff} = \alpha \cdot A_{core} / A_{clad}$ となる。ただし、 $\alpha$ はコア部の吸収係数、 $A_{core}$ 、 $A_{clad}$ は各々コア部と第1クラッド部の断面積である。したがって、内部に巻き込んだファイバレーザの長さに応じて第1クラッドの断面積を制御すれば、クラッド励起方式によってファイバレーザで全域に渡って好適な励起強度を供給することができ、さらに、レーザ発振の横モードはファイバ伝送により制御するが、同時に、外部に引き出されているファイバ端面にコーティングを施せば、数十m以上もの長い共振器にもかかわらず、モノリシック共振器を構成し、安定な縦モードの制御が可能になる。

【0034】(実施例4)図4は本発明の実施例4に係る光ファイバレーザ装置の構成を示す図である。

【0035】図4において、光ファイバレーザ装置は、多数回巻回された長い1本のレーザファイバ2dが、50cm×10cm×50cmの直方体状の金属アルミニウム1d中に隙間なく埋めこまれて固定され、両端部だけが外部に露出されているものである。

【0036】レーザファイバ2dは、2重クラッド型レーザファイバであり、クラッド6dは断面が100×500 $\mu$ mの矩形状をなし、このクラッド6dの上に径700 $\mu$ mの第2クラッド7dが形成されている。コア5dの径は10 $\mu$ mであり、クラッド6dの屈折率と第2クラッド7dの屈折率との差が1%の石英系2重クラッド型ガラスファイバを基本構成とするもので、コア5dの内部には0.5at%のNd<sup>3+</sup>イオンがドーブされている。

【0037】また、レーザファイバ2dの一方の端部の端面Fiには、コア内部からの光に対して、波長1.06 $\mu$ mの光の反射率が100%であり、波長0.8 $\mu$ mの光の反射率100%である回折格子が形成され、他方の端部の端面Foには波長1.06 $\mu$ mの光の反射率が

99.0%であり、波長0.8 $\mu$ mの光の反射率99.9%の多層膜反射コートが施されてある。

【0038】この光ファイバレーザ装置の一方の端面Fiから、励起光として、波長約0.8 $\mu$ mで最大出力10Wの半導体レーザ光を入射したところ、他方の端面Foから、波長1.06 $\mu$ mで出力2.5Wのレーザ発振出力光を確認することができた。

【0039】なお、以上に実施例では、前記前記硬化性の物質として、紫外線硬化樹脂、金属亜鉛、金属アルミニウムの例お掲げたが、硬化性の物質としては、他にも、例えば、熱硬化性樹脂等の有機樹脂、ソルゲル法で作製した石英系のガラス、セメント、石膏等の硬化性のある無機質の媒体、または、インジウム、銅、ジュラルミン等の金属又は合金を用いることもできる。

【0040】また、上記各実施例では、レーザファイバを硬化性物質によって固定する例を掲げたが、硬化性物質を用いずに、隣接するレーザファイバどうしを互いのコアとクラッドとの界面が乱れない程度にその一部又は全部が密着するようにして一体に形成することによって固定してもよい。具体的には、例えば、光ファイバを構成するガラスの変形温度まで加熱（ただし、コアとクラッドの界面が乱れない程度の粘性を有するものとする）し、ファイバとファイバのすき間を真空に引きつつ圧力を加え全体を融着して一体型とする方法等がある。

【0041】

【発明の効果】以上詳述したように、本発明は、レーザ活性物質を光ファイバ内部に有し、外部からの励起光の供給によってレーザ発振を行う光ファイバレーザ装置で

あって、前記光ファイバが、硬化性の物質によってその一部又は全部が覆われることによって固定されていることを特徴とし、又は、繰返し折り返されもしくは巻回されて隣接する光ファイバどうしが互いのコアとクラッドとの界面が乱れない程度にその一部又は全部が密着するようにして一体に形成することによって固定されていることを特徴とするもので、これにより、共振器の縦モードに関する周波数制御等も正確に行うことを可能とする光ファイバレーザ装置を得ているものである。

10 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例1に係る光ファイバレーザ装置の構成を示す図である。

【図2】本発明の実施例2に係る光ファイバレーザ装置の構成を示す図である。

【図3】本発明の実施例3に係る光ファイバレーザ装置の構成を示す図である。

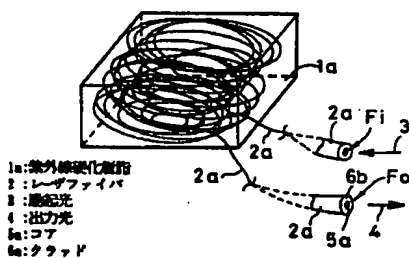
【図4】本発明の実施例4に係る光ファイバレーザ装置の構成を示す図である。

20 【図5】従来の2重クラッド型光ファイバレーザ装置の構成を示す図である。

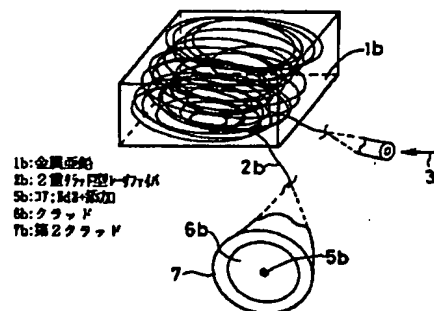
【符号の説明】

1a, 1c…紫外線硬化樹脂、1b…金属亜鉛、1d…金属アルミニウム、2a, 2c…レーザファイバ、2b, 2d…2重クラッド型レーザファイバ、3…励起光、4…レーザ出力光、5a, 5b, 5c, 5d…コア、6a, 6b, 6c, 6d…クラッド、7b, 7d…第2クラッド、8…金属筐体。

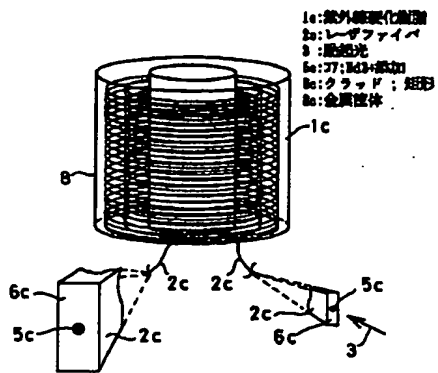
【図1】



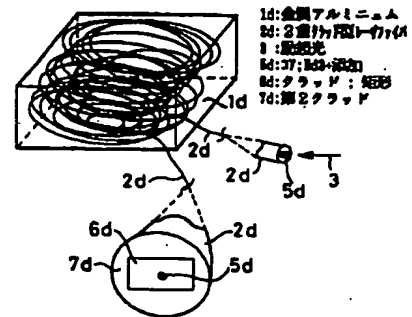
【図2】



【図3】



【図4】



【図5】

